



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

Efecto de polvos de hojas de canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster) sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) bajo condiciones de laboratorio.

Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Pamela Tejada Tribiño

Valdivia – Chile

2011

PROFESOR PATROCINANTE:

Maritza Reyes Carreño
Ing. Agr. Mag. Cs. Dr. Cs. Agr
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

PROFESORES INFORMANTES:

Roberto Carrillo Llorente
Ing. Agr. M.Sc., Ph. D
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

Carolina Lizana Campos
Ing. Agr. Mag. Cs. Dr. Cs. Agr
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMMARY	2
1	INTRODUCCIÓN	3
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Clasificación taxonómica	5
2.2	Origen y distribución	5
2.3	<i>Acanthoscelides obtectus</i> en Chile	5
2.4	Ciclo biológico	6
2.5	Descripción morfológica de los distintos estados de <i>A. obtectus</i>	7
2.5.1	Huevo	7
2.5.2	Larva	8
2.5.3	Imago	8
2.6	Daño e importancia	9
2.7	Control	9
2.7.1	Químico	9
2.7.2	Biológico	10

2.7.3	Cultural	11
2.7.4.	Métodos alternativos o extractos vegetales	11
2.7.4.1	Canelo	12
3	MATERIAL Y MÉTODOS	13
3.1	Lugar de ensayo	13
3.2	Material biológico	13
3.3	Material vegetal	13
3.4	Obtención de polvo de hojas de canelo	13
3.5	Ensayo	13
3.6	Evaluaciones	14
3.6.1	Mortalidad de adultos de <i>A. obtectus</i>	14
3.6.2	Emergencia de adultos de <i>A. obtectus</i> (F1)	14
3.6.3	Evaluación del efecto del polvo de hojas de canelo en el nivel de daño de granos de porotos infestados por adultos de <i>A. obtectus</i> .	14
3.6.4	Poder germinativo de semillas de porotos sometidas a las distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo.	15
3.7	Diseño experimental	16
3.8	Análisis de resultados	16
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	17
4.1	Efecto del polvo de hojas de canelo sobre la mortalidad de adultos de <i>A. obtectus</i> .	17

4.2	Efecto del polvo de hojas de canelo sobre la emergencia de adultos de <i>A. obtectus</i> .	21
4.3	Daño por <i>A. obtectus</i> en granos de porotos sometidos a distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo.	23
4.4	Pérdida de peso en granos de poroto sometidos a distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo.	24
4.5	Germinación de las semillas de porotos sometidos a los distintos tratamientos.	26
5	CONCLUSIONES	28
6	BIBLIOGRAFÍA	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Relación entre temperatura, humedad relativa y extensión del ciclo de vida de <i>A. obtectus</i> .	6
2	Relación de la temperatura y humedad relativa sobre el tiempo de incubación de los huevos de <i>A. obtectus</i> .	7

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mortalidad acumulada de adultos de ambos sexos de <i>A. obtectus</i> tratados con polvo de hojas de canelo.	17
2	Mortalidad acumulada ligada al sexo en el transcurso del tiempo para una misma concentración, sometida a los tratamientos 0,25 y 0,5% p/p de polvo de hojas de canelo.	19
3	Emergencia de adultos de <i>A. obtectus</i> en granos tratados con las distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo, al finalizar el ensayo.	22
4	Porcentaje de granos de porotos infestados por <i>A. obtectus</i> , almacenados con distintos porcentajes de polvos de hoja de canelo, al finalizar el ensayo.	24
5	Pérdida de peso de los granos de porotos sometidos a distintas concentraciones de polvos de hoja de canelo, al finalizar el ensayo.	25
6	Germinación de las semillas de porotos sometidas a las distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo.	27

RESUMEN

El uso de productos químicos ha sido una herramienta fundamental para el control de plagas que afectan a productos almacenados, como ha sido el caso del bruco común del frejol *Acanthoscelides obtectus* Say. Debido a los altos riesgos que conlleva un mal manejo de éstos, se ha reanudado la utilización de métodos alternativos de manejo, tales como la utilización de polvos de especies vegetales. Entre los polvos con un posible efecto positivo sobre el control de plagas se encuentra el canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster), el que actuaría como un inhibidor de la alimentación.

Con el objetivo de estudiar los efectos del polvo de hojas de canelo sobre la mortalidad de adultos de *A. obtectus* de ambos sexos, su emergencia, el nivel de daño en granos de porotos y sobre la germinación de las semillas dañadas, se trataron los granos con distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo (0; 0,25; 0,5; 1; 2 y 4% p/p), y se evaluaron por un período de 50 días a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y fotoperiodo 16:8 (luz: oscuridad).

Todas las concentraciones, excepto el testigo produjeron mortalidad de adultos. Sólo los tratamientos que se sometieron a concentraciones más bajas, presentaron diferencias de mortalidad entre machos y hembras a través del tiempo. La emergencia de adultos se redujo en todos los tratamientos expuestos a polvos, por lo que a su vez el nivel de daño en los granos de porotos disminuyó significativamente, en relación al control. Por otra parte la germinación de las semillas no se vio afectada producto del daño por los insectos, ni por las concentraciones de polvo seco de canelo al ser comparadas con las semillas sin ser tratadas con insectos ni con polvos. De acuerdo a esto, el polvo de canelo no tendría ningún efecto inhibitor de la germinación.

Considerando lo señalado, los polvos de hojas de canelo poseen propiedades insectistáticas contra el bruco del poroto, por lo que constituyen una alternativa promisoría para el manejo de ésta y otras plagas a nivel de almacenaje.

SUMMARY

The use of chemicals has been a fundamental tool for controlling pests such as the common bean weevil bruchid *Acanthoscelides obtectus* Say in stored products. Because of the high risk involved in its inadequate use, alternative management methods has reappeared, such as the using of powdered plant. Between the plant dust with a positive effect on pest control is the canelo (*Drimys winteri* J.R et G. Forster), which would act as a feeding inhibitor. With the aim of study of effects of powder of canelo leaves on the mortality of adults of *A. obtectus* from both sexes over time, its emergence, the level of injury in bean seeds and germination of damaged seeds, bean grains were treated with different concentrations of canelo powder (0, 0.25, 0.5, 1, 2 and 4% w / w). Treatments were evaluated for a period of 50 days at 25 ± 2 ° C and 16:8 h photoperiod (light: dark).

All concentrations, except the control produced adult mortality. Only treatments with lower concentrations, showed differences in mortality between males and females over time. The adult emergence was reduced in all treatments exposed to dust, and consequently the level of damage in grains of beans significantly decreased when compared to the control. However, the emergence of seeds was not affected by the damage by insects, nor the dust concentration. So, the dust would have no inhibitory effect on germination.

Considering the above, the powder of canelo leaf has insectistatic properties against the common bean weevil bruchid, being a promising alternative for the management of this and other pests at storage level.

1 INTRODUCCION

Las estimaciones de superficie sembrada con poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Chile señalan que ésta alcanzó en torno a los 16.700 y 13.500 ha para los años 2008/2009 y 2009/2010, respectivamente, con una producción de 28.389 y 23.412 ton. para cada una de las temporadas antes mencionadas. De éstas entre un 85 y 90% corresponden a variedades de poroto para consumo interno como grano seco.

La importancia de este grano radica en la fuente proteica que ofrece a la dieta alimentaria. Sin embargo, su calidad se puede ver altamente afectada en post-cosecha, si no se realiza un manejo adecuado durante su almacenaje, lo que conlleva a pérdidas cuantiosas producto del ataque por insectos.

El insecto que causa los mayores daños en poroto almacenado es el denominado bruco común del frejol (*Acanthoscelides obtectus* Say), cuyo control se basa principalmente en la utilización de productos químicos altamente riesgosos para la salud cuando son mal manipulados. Es por esto que hoy en día se están estudiando nuevas alternativas de control, las cuales están enfocadas especialmente hacia los pequeños agricultores, quienes debido a la poca información y escasa tecnología no hacen un uso adecuado de los químicos.

Dentro de las nuevas alternativas de control que se están estudiando se encuentran las derivadas de especies vegetales.

Es así como se han realizado varios estudios con diversas especies vegetales con el propósito de establecer sus propiedades insecticidas e insectistáticas sobre distintas plagas que afectan los granos almacenados, entre las que se pueden mencionar boldo, laurel, ruda, ají, pimentón negro y canelo. En general, en estos ensayos se ha determinado que a medida que las concentraciones de polvos vegetales aumentan, su efecto negativo sobre la plaga se incrementa.

Considerando lo anterior, como hipótesis del presente trabajo se plantea que polvos de hojas de canelo poseen efectos insecticidas e insectistáticos sobre *A. obtectus*, los que aumentarían al incrementar la concentración utilizada.

Objetivo general:

Determinar el efecto de polvos de hojas de canelo sobre *A. obtectus*, y su capacidad protectora de los granos de poroto en condiciones de laboratorio.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de cinco concentraciones de polvo de hojas de canelo sobre la mortalidad de adultos de *A. obtectus* alimentados con porotos tratados.
2. Comparar la mortalidad de hembras y machos adultos de *A. obtectus* ante la exposición a distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo aplicado a granos de poroto.
3. Evaluar el efecto de cinco concentraciones de polvos de hojas de canelo sobre la emergencia de adultos (F1) de *A. obtectus*.
4. Medir el efecto de cinco concentraciones de polvos de hojas de canelo en el nivel de daño de granos de porotos atacados por *A. obtectus*
5. Evaluar el efecto de cinco concentraciones de polvos de hojas de canelo sobre la capacidad de germinación de semillas de porotos infestadas por *A. obtectus*.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Clasificación taxonómica

Según ARTIGAS (1994), la posición sistemática de *Acanthoscelides obtectus* es:

Phylum	Artropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Género	<i>Acanthoscelides</i>
Especie	<i>Acanthoscelides obtectus</i>

2.2 Origen y distribución

DELL'ORTO y ARIAS (1985), señalan que este insecto es originario de las regiones tropicales de Sudamérica. En relación a la distribución se le considera cosmopolita, debido a que se encuentra en todas aquellas regiones donde se cultivan o crecen plantas del género *Phaseolus* (ARTIGAS, 1994), ya sea en regiones de climas tropicales, subtropicales y templadas del mundo (DELL'ORTO y ARIAS, 1985).

2.3 *A. obtectus* en Chile

En 1905 se menciona la presencia de *Bruchus obtectus* para referirse a *A. obtectus*, insectos que habrían ingresado al país posiblemente entre los años 1903 a 1905, mediante la importación de semillas del género *Vigna* (OLALQUIAGA, 1943). De acuerdo a lo antes mencionado ARTIGAS (1994), señala que desde ese año en adelante se le ha encontrado en todo Chile. Por el contrario, DURAN (1952), señala que este insecto se estableció en Chile el año 1938, específicamente en Olmué, Valle de Limache. Por lo que una vez considerado establecido este insecto, entre los años 1939 hasta 1944 se realizaron campañas de erradicación, que consistieron en requisar todas aquellas legumbres secas que se mantenían en almacenes, casas y bodegas. Así mismo se instalaron barreras de control en todas las vías de acceso al valle, se destruyeron todas las plantas de la familia de las leguminosas e implementaron siembras trampas (OLALQUIAGA, 1943).

2.4 Ciclo biológico

Según CAPDEVILLE (1945), el ciclo de *A. obtectus* se completa en cinco o seis semanas aproximadamente, además señala que los factores indispensables que afectan a todos los estados del ciclo biológico y que, por lo tanto hacen variar la duración de éste, son la temperatura y la humedad relativa de la atmósfera, la cual se puede apreciar en el Cuadro 1.

DURÁN (1952), señala como temperatura óptima para el desarrollo del bruco común del frejol 30°C y una humedad relativa máxima óptima de 70%, lo que induciría a que el ciclo se desarrolle entre 22 y 26 días siendo éste más largo a medida que las temperaturas son más bajas (DELL'ORTO y ARIAS, 1985).

CUADRO 1 Relación entre temperatura, humedad relativa y extensión del ciclo de vida de *A. obtectus*.

Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Total ciclo en días
17	80	80
25	10	52
25	80	30
31	10	31
31	80	21

FUENTE: Adaptado de ARTIGAS (1994).

La hembra de *A. obtectus*, ovipone tanto en el campo como en bodega. En el primer caso, éstas vuelan desde las bodegas hacia el campo y oviponen en porotales fisiológicamente maduros, depositando sus huevos libremente en las aberturas que se producen entre las vainas secas, aunque también, pueden depositar sus huevos directamente en los porotos cuando se presentan aberturas de las vainas (FAIGUENBAUM, 2003).

En el segundo caso, la hembra deposita sus huevos libremente en los granos, posteriormente de éstos emergen las larvas, que luego penetran al interior de los granos mediante perforaciones que producen en la testa (DELL'ORTO y ARIAS, 1985).

CAPDEVILLE (1945), menciona que luego de la etapa larval pasan por un período de pupa en el interior del grano, para finalmente emerger el adulto, el cual tiene una vida corta, de 10 a 12 días en condiciones normales. En este período de tiempo se aparean, para nuevamente repetir el ciclo (DELL'ORTO y ARIAS, 1985).

2.5 Descripción morfológica de los diferentes estados de *A. obtectus*

A continuación se detallarán los distintos estados por los que pasa este insecto.

2.5.1 Huevo. Miden aproximadamente entre 0,5 y 0,7 mm, son de forma cilíndrica a ovados, transparentes, granuloso y de color lechoso (CAPDEVILLE, 1945).

El periodo en que los huevos permanecen en incubación depende de la humedad relativa y de la temperatura (Cuadro 2).

CUADRO 2 Relación de la temperatura y humedad relativa sobre el tiempo de incubación de los huevos de *A. obtectus*.

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Incubación en días
14	50	34
	90	70
20	50	10
	90	12
30	50	5
	90	4

FUENTE: Adaptado de ARTIGAS (1994).

DELL'ORTO y ARIAS (1985), mencionan que la hembra ovipone en promedio 63 huevos, aunque bajo condiciones de laboratorio se puede llegar a 106 (CAPDEVILLE,

1945). El mismo autor señala que la cantidad de huevos que se aloja libremente en cada agujero provocado por la hembra es de aproximadamente 10 ó 20.

2.5.2 Larva. Después de 8-12 días nace una larva primaria (CAPDEVILLE, 1945). ARTIGAS (1994), menciona que estas larvas recién eclosadas son de color blanco, y miden 0,6 mm de largo por 0,2 mm de ancho. Otras características de este primer estadio larval son los tres pares de patas torácicas delgadas, largas y de dos artejos cada una, y la presencia de cerdas en los costados, los cuales no existe en el tórax (CAPDEVILLE, 1945).

El mismo autor menciona que esta larva permanece activa entre dos y cuatro días en busca del grano para posteriormente penetrarlo. Esta característica es de gran importancia para el control. Para penetrar el grano realiza una perforación de 0,24 mm usando las mandíbulas para abrir y la placa protorácica para pulir los bordes (ARTIGAS, 1994). Una vez que comienza a excavar en el grano para entrar en éste, se transforma a larva secundaria, la cual se caracteriza por ser curculioniforme. En esta transformación pierde patas, las cerdas y las placas (CAPDEVILLE, 1945). El desarrollo de los cinco estadios larvales (cuatro mudas), puede abarcar entre 20 a 35 días y aún más en condiciones adversas (CAPDEVILLE, 1945). Antes de que acabe el período larval, éstas dejan una celda a causa de su alimentación, la que posteriormente se convierte en una cámara pupal, además de dejar recortado un pequeño círculo translúcido por el cual saldrá finalmente el adulto (CAPDEVILLE, 1945).

2.5.3 Imago. Según CAPDEVILLE (1945), su cuerpo posee un tamaño que va desde los 3 a 4 mm y se encuentra provisto de un vello muy corto y fino lo que le da un aspecto café grisáceo u oliváceo (DURÁN, 1952). El mismo autor menciona que a medida que se avanza hacia la cabeza el cuerpo se enangosta, y no presentan rostrum, que es una característica que poseen los brucos de la familia Curculionidae.

ARTIGAS (1994), describe la forma de los élitros, con ápice redondeado los cuales no alcanzan a cubrir totalmente el abdomen. El fémur posterior posee una espina grande y dos pequeñas. Una vez que emergen de los granos esperan un par de días para aparearse repitiendo nuevamente el ciclo. No se alimentan, con una adecuada

temperatura y humedad éstos pueden permanecer hasta dos meses sin alimentarse (CAPDEVILLE, 1945).

2.6 Daño e importancia

SCHMALE *et al.* (2002), mencionan que el daño típico es el que ocasiona la larva al perforar los granos, formando así una cámara pupal con salida al exterior, cuya cutícula se rompe una vez que ha emergido el adulto. Además, Ciat (1986), citado por SCHMALE *et al.* (2002), señala que aparte de los daños directos que ocasiona esta plaga están los daños indirectos, causados por la contaminación producto del excremento, feromonas e insectos muertos, pudiendo llegar a provocar reacciones alérgicas a los humanos. Adicionalmente pueden provocar una disminución en la tasa de germinación de las semillas de frejol (Zacher, 1930 citado por SCHMALE *et al.*, 2002).

DURÁN (1952), señala que este insecto es considerado uno de los más importantes en todas aquellas zonas productoras de frejol, ya que ataca granos enteros, tanto en campo como en bodega, causando en este último caso una pérdida del 100% del producto cuando no existe un manejo (DELL'ORTO y ARIAS, 1985).

2.7 Control.

A continuación se detallarán algunos métodos de manejo disponibles contra *A. obtectus*.

2.7.1 Químico. Conocido como el método de control más tradicional contra *A. obtectus*, consiste en la aplicación de productos químicos con poder desinfectante, en la mayoría de los casos extremadamente peligrosos para los aplicadores cuando son mal manipulados llegando a causarles efectos nocivos a tóxicos (De Linan, 2004 citado por NAVA *et al.*, 2010).

FAIGUENBAUM (2003), menciona dentro de los fumigantes al fosforo de aluminio y fosforo de magnesio, los cuales penetran al interior del grano matando al insecto en cualquier estado de desarrollo.

Por otra parte, PORCA *et al.* (2003), mencionan que productos químicos que pertenecen a la clasificación toxicológica III y IV, usados de forma eficiente y en las dosis recomendadas reducirían los efectos negativos anteriormente mencionados. Es

por ello que decidieron hacer un ensayo donde se evaluó el uso de piretroides sintéticos como permetrina, deltametrina, e insecticidas organofosforados como, malation, pirimifos metil, fenitrotion y clorpirifos-metil en doce variedades de frejol con adultos de *A. obtectus*. Con este estudio se demostró que la aplicación de mínimas dosis de todos estos insecticidas tuvo un 90% de eficiencia en todas las variedades, lo cual contribuye en cierta manera a incentivar la utilización de productos químicos ligeramente tóxicos o que normalmente no ofrecen peligro a la salud y al medio ambiente, con buenos resultados.

2.7.2 Biológico. Con relación a este tipo de control RODRIGUEZ y RIPA (s/f), señalan que se ha utilizado en Chile sólo con el fin de reducir insectos plagas a nivel de campo. Sin embargo el mismo autor indica que lo único que se ha investigado en esta área es en relación al bruco de la arveja (*Bruchus pisorum* L.), donde utilizaron la avispa parasitoide de huevos *Uscana senex* (Grese), internada desde Europa. El género *Uscana* se caracteriza por ser un parasitoide de huevos de las familias Buprestidae y Bruchidae (ROJAS *et al.*, 1996).

Para llevar a cabo una multiplicación masiva de este parasitoide se utilizaron huevos de *A. obtectus* como hospedero alternativo, por lo que éste sería un promisorio parasitoide de este insecto plaga. Sin embargo, no se han hecho estudios bajo condiciones de almacenamiento que lo demuestren (RODRIGUEZ y RIPA, s/f).

Por otra parte en investigaciones, realizadas en Colombia por SCHMALE *et al.*, (2002), se encontró que el parasitoide *Horismenus ashmeadii* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Eulophidae) que ataca a *A. obtectus* a nivel de campo, fracasa su ataque y su desarrollo en condiciones de almacenaje, por lo que no serviría como un agente controlador en post cosecha. Sin embargo otro estudio realizado por SING y ARBOGAST (2008), en el Reino Unido, demostró que *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae), depredador que ha tenido éxito contra muchas plagas de productos almacenados y bajo diversas condiciones ambientales, produjo una baja pero constante respuesta depredadora en el estado de adulto de *A. obtectus*. Esta acción fue mayor en los huevos y en las larvas neonatas, debido a que los huevos de esta especie son depositados de forma que no quedan adheridos sobre la superficie del hospedero, por lo tanto quedan desprotegidos o abandonados sobre la superficie de éste (Southgate 1979; Hill 2002; Rees 2004 citado por SING y ARBOGAST 2008).

Además cabe mencionar que el primer instar larval de *A. obtectus* permanece activo por más o menos 24 horas, antes de ingresar a su hospedero, lo que favorece la acción depredadora producto de su mayor tiempo de exposición (Hill 2002; Howe y Currie 1964, citado por SING y ARBOGAST 2008).

2.7.3 Cultural. FAIGUENBAUM (2003), señala que para reducir la infestación a nivel de campo es necesario realizar una trilla en forma oportuna, de modo que la mayor cantidad de huevos que se encuentren depositados en las vainas o en los granos caiga al suelo antes de que nazcan las larvas e ingresen a los granos

En el proceso de almacenamiento, el manejo se basa básicamente en el uso de bodegas limpias y desinfectadas, al igual que los envases que contengan los granos, además de fumigar los granos antes de que ingresen a ésta, con productos como fosforo de aluminio o fosforo de magnesio (FAIGUENBAUM, 2003).

Otras recomendaciones son el uso de semillas sanas, desinfectadas y utilizar de una forma adecuada el suelo, evitando el monocultivo.

Back (1939), citado por DURÁN (1952), menciona entre los métodos de control cultural, el uso de sacos finos para depositar los granos de porotos una vez cosechados. Esto con la finalidad de evitar, en caso de que los granos estuviesen infestados con bruco, que éstos escapen e infesten nuevos granos. Otra de sus sugerencias es la eliminación de los restos de cosechas, así como también la eliminación de semillas quebradas.

2.7.4 Métodos alternativos o extractos vegetales. Según Braccini y Picanço (1995), citado por SILVA *et al.* (2005), existen métodos alternativos de control, que son de bajo costo, efectivos y por ende factibles de ser usados. Entre éstos se encuentra el uso de plantas con propiedades insectistáticas y/o insecticidas, las cuales derivan principalmente de la producción de metabolitos secundarios (Badii *et al.*, 1996, citado por FERNÁNDEZ *et al.*, 2009), tales como terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides (ÁVALOS y URRÍA, 2009), siendo éstos los responsables de la actividad biológica contra insectos y microorganismos.

Dentro de la amplia gama de especies que se han estudiado se encuentra el canelo, cuyo poder insectistático quedó demostrado en un estudio realizado por ANDRADE (2007), donde polvos de corteza de canelo a concentraciones de 4% p/p, produjeron

una mortalidad del 100% sobre *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae).

2.7.4.1 Canelo.

La distribución del canelo (*Drymis winteri* J.R. et G. Forster) abarca desde la IV hasta la XII región (RAMIREZ y ALVAREZ, 2003).

Este árbol nativo es considerado sagrado para el pueblo mapuche, debido a las propiedades medicinales que posee, las que están asociadas a los compuestos químicos que presenta (MUÑOZ *et al.*, 2004).

Asimismo los autores antes mencionados, atribuyen a esta especie actividades biológicas y ecológicas, las cuales están asociadas a la presencia de terpenos, los cuales son hidrocarburos derivados de isopreno, emitidos y almacenados por muchas plantas, cuyas funciones son la protección de plantas frente a los herbívoros y mecanismos antiestrés (SARDANS *et al.*, 2010). Sin embargo el poder insecticida se debe específicamente a la presencia de poligodial (Muñoz *et al.*, 1999 citado por ANDRADE 2007), el que al ser ingerido por los insectos provoca un efecto inhibitor de la alimentación temporal o parcial (INFOR 2004, citado por ANDRADE, 2007). Esto debido a que su acción se ejerce a nivel del sistema nervioso central de los insectos actuando como un antialimentario (PINTO *et al.*, 2002).

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Lugar de ensayo

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile.

3.2 Material biológico.

Insectos adultos de *A. obtectus* fueron obtenidos a partir de granos de porotos infestados. Éstos fueron separados en grupos, y observados a diario para determinar el momento de emergencia. Una vez obtenidos los adultos, éstos fueron sexados mediante la observación del último segmento abdominal bajo lupa y mantenidos en forma separada por un máximo de 4 días a una temperatura de 6°C antes de su utilización en los ensayos (NAVA *et al.*, 2010).

3.3 Material vegetal

Se emplearon hojas de canelo completamente expandidas, de la temporada, las que se recolectaron en el Jardín Botánico y el Arboretum, ambos pertenecientes a la Universidad Austral de Chile. Éstas se depositaron en bolsas de papel para luego ser colocadas en un horno a 45°C durante 48 h para su secado.

Como sustrato para los insectos se utilizaron granos de porotos Torcaza-INIA (tipo tórtola), los que se obtuvieron de INIA-Quilamapu.

3.4. Obtención de polvo de hojas de canelo

Una vez seco, el material vegetal fue molido en un molino Retsch modelo ZM-1 perteneciente al Laboratorio de Fitoquímica hasta la obtención de partículas finas de 1 mm de diámetro. El polvo obtenido se guardó a temperatura ambiente en oscuridad en frascos herméticos hasta la realización del ensayo.

3.5 Ensayo

Se evaluaron seis tratamientos incluyendo un testigo (sin aplicación del polvo), correspondientes a seis concentraciones de polvos de hoja de canelo: 0; 0,25; 0,5; 1; 2

y 4% (p/p). Se prepararon seis grupos, cada uno constituido por tres placas Petri plásticas, de 9 cm de diámetro y una altura de 1,5 cm. A cada una de las placas se le incorporó 20 g de porotos con los distintos tratamientos, sobre los cuales se dispusieron 10 individuos adultos de *A. obtectus* con una relación de sexo 1:1. Posteriormente, las placas fueron llevadas a una cámara de crianza sometidas a condiciones de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $50\pm 15\%$ de humedad relativa y fotoperiodo de 16:8 (L: O) (PAUL *et al.*, 2009).

3.6 Evaluaciones

Durante un periodo de 2 meses, se evaluaron los parámetros que se detallan a continuación:

3.6.1 Mortalidad de adultos de *A. obtectus*. Se expresó en forma porcentual y fue determinada los días 1, 2, 5, 7 y 14 (PAUL *et al.*, 2009). Se depositaron los adultos de cada tratamiento en papel (toalla nova[®]) para luego realizar el conteo de los insectos muertos y determinar su sexo. Se consideraron muertos a todos los insectos que no presentaron movilidad ya sea en sus antenas o patas ante el pinchamiento con pinzas. Los insectos vivos durante las primeras 4 evaluaciones, fueron reincorporados a las placas respectivas.

3.6.2 Emergencia de adultos de *A. obtectus* (F1). Al momento de realizar la última evaluación de mortalidad (día 14 desde iniciado el ensayo), se sacaron los adultos de las placas en forma definitiva. Posteriormente, éstas fueron incubadas bajo las mismas condiciones anteriores, para evaluar la emergencia de adultos. Esto se realizó semanalmente hasta el día 50, para evitar la aparición de una segunda generación (PAUL *et al.*, 2009). Se consideró como el 100% el número de insectos emergidos en el testigo.

3.6.3 Evaluación del efecto del polvo de hojas de canelo en el nivel de daño de granos de porotos infestados por adultos de *A. obtectus*. Este parámetro se llevo a cabo determinando los porcentajes de grano dañado y pérdida de peso de los granos, ambos evaluados al día 50 desde iniciado el ensayo.

El porcentaje de daño de los granos se determinó mediante la fórmula de RABOUT *et al.*, (1984).

$$\% \text{ Grano dañado} = \left(\frac{d}{d + nd} \right) * 100 \quad (3.1)$$

Donde:

d = número de granos dañados

nd = número de granos no dañados

La pérdida de peso de los granos, fue expresada en porcentaje, por medio de la fórmula de Adam y Shulten (1994).

$$\% \text{ Pérdida peso} = \left(\frac{(P_i - P_f)}{P_i} \right) * 100 \quad (3.2)$$

Donde:

P_i: peso inicial de los granos sometidos a los respectivos tratamientos

P_f: peso final de los granos una vez terminado el período de evaluación de los respectivos tratamientos

3.6.4 Poder germinativo. Una vez realizada la determinación del daño y peso de los granos, se evaluó el poder germinativo de las semillas dañadas sometidas a los distintos tratamientos. Adicionalmente se agregó un tratamiento, que consistió en la incorporación de semillas totalmente sanas, sin ser expuesta a polvo de hoja de canelo. Para esto, las semillas fueron colocadas en placas Petri de 9 cm de diámetro, provistas de una toalla nova humedecida y fueron llevadas a la cámara de germinación perteneciente al Laboratorio de Semillas de la Universidad Austral de Chile, donde estuvieron bajo condiciones de 20±5°C de temperatura y humedad relativa del 60%. La germinación de las semillas fue evaluada al noveno día (INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING (ISTA), 1996).

3.7 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un factor (concentraciones) más un control. La unidad experimental estuvo constituida por 10 adultos y se realizaron 3 repeticiones por tratamiento. Mientras que para la germinación la unidad experimental estuvo constituida por 10 semillas de porotos dañadas por *A. obtectus*, más el control y un grupo de semillas totalmente sanas, sin aplicación de polvo, con tres repeticiones.

3.8 Análisis de resultados

Las mortalidades obtenidas fueron corregidas mediante la fórmula de ABBOTT (1925).

$$\text{Mortalidad corregida} = \frac{(((M/T)*100) - \%MC)}{(100 - \%MC)*100} \quad (3.3)$$

Donde,

M= número de adultos muertos con los polvos.

T= número total de adultos tratados con los polvos.

%MC= porcentaje de mortalidad de adultos control.

Los datos de mortalidad acumulada fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y las diferencias entre las medias determinadas mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

Para el análisis de emergencia de *A. obtebctus* (F1) y para la pérdida de peso de los granos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), mientras que para determinar diferencias en la germinación de las semillas se utilizó la prueba de G ($p < 0,05$). La comparación de la mortalidad acumulada entre sexos para un mismo día, fue realizada mediante la prueba de Mann-Whitney ($p < 0,05$). Los análisis fueron realizados con el programa STATISTICA 7.0.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Efecto del polvo de hojas de canelo sobre la mortalidad de adultos de *A. obtectus*.

La mortalidad de adultos no fue afectada por las distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo utilizadas ($F= 0,00$; $p>0,05$). Sólo se presentaron diferencias al comparar la mortalidad acumulada a través del tiempo para un mismo sexo (macho $H_{(4, 25)}=19,6$; $p<0,01$ y hembras $H_{(4, 25)}=17,8$; $p<0,01$) y entre sexos dependiendo del tiempo de evaluación (interacción) ($H_{(9, N= 50)}=39,8$; $p<0,01$) (Figura 1).

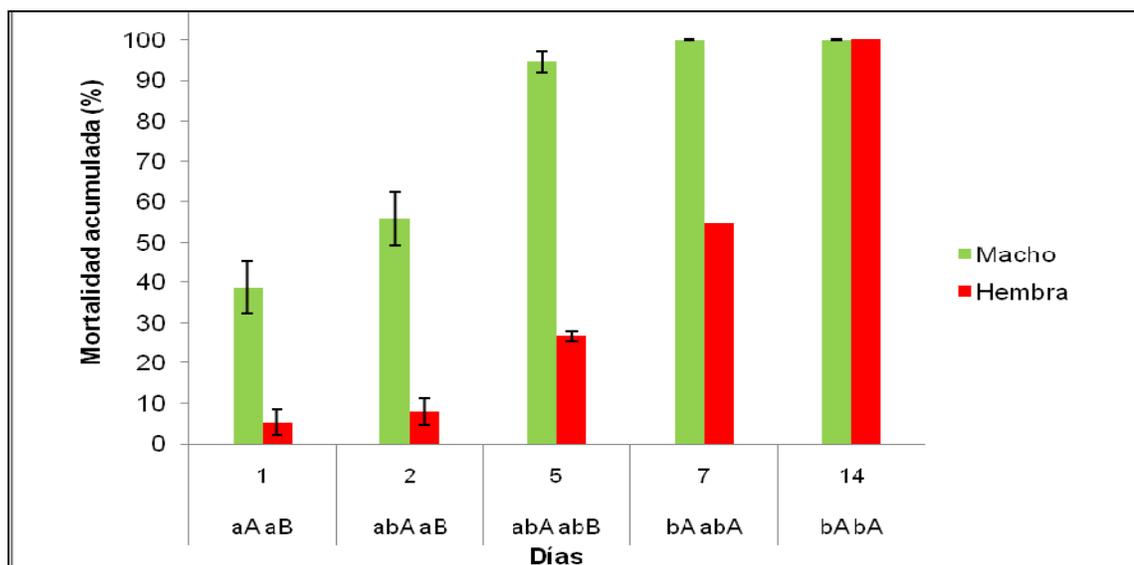


Figura 1 Mortalidad acumulada de adultos de ambos sexos de *A. obtectus* tratados con polvo de hojas de canelo

1 Letras minúsculas distintas bajo las columnas indican diferencias significativas en el tiempo para un mismo sexo según prueba Kruskal-Wallis ($p<0,05$)

2 Letras mayúsculas distintas bajo las columnas indican diferencias entre sexos para un mismo día, según prueba de Mann-Whitney ($p<0,05$)

La mortalidad acumulada para los machos presentó diferencias el primer día de evaluación con respecto al séptimo día, momento en que el 100% de los individuos murió. Para el caso de las hembras se observó una diferencia en la mortalidad

acumulada en los días 1 y 2 al ser comparados con el día 14, en el cual se alcanza el 100% (Figura 1).

Al comparar la mortalidad acumulada entre sexos para un mismo día se aprecia que ésta es mayor para los machos hasta el quinto día de evaluación. Al séptimo día, pese a no haber diferencias significativas en los machos se alcanzó el 100%, mientras que para las hembras, el valor fue de sólo 54,7%. Estas diferencias, desaparecieron al día 14, donde también se observó la muerte de la totalidad de las hembras (Figura 1).

De lo antes mencionado, tanto para el caso de los machos como para el caso de las hembras se observa una relación entre el tiempo y la mortalidad acumulada, lo que se explicaría por el mayor tiempo de exposición por parte de los adultos de *A. obtectus* a los polvos de hojas de canelo, especialmente de las concentraciones más bajas.

Al analizar el efecto de las distintas concentraciones a través del tiempo se observan diferencias significativas de mortalidad sólo en las más bajas (0,25 y 0,5% p/p) ($F=1,9856$; $p<0,05$) y entre sexos dependiendo del tiempo de evaluación, para una misma concentración ($F= 2,1971$; $p<0,05$) (Figura 2). En ambas concentraciones se presentó una mortalidad más acelerada para el caso de los machos, produciéndose el 100% de mortalidad acumulada los días 5 y 7 para las concentraciones 0,25 y 0,5% respectivamente (Figura 2).

Además al considerar la mortalidad acumulada de los machos de cada tratamiento, se observa que la tasa es mayor en los sometidos a un 0,25% p/p con respecto al 0,5% p/p de polvo de hojas de canelo (Figura 2). Si bien se hubiese esperado una mayor tasa de mortalidad acumulada para el tratamiento sometido a la concentración más alta (0,5% p/p), esto no se dio, lo que pudo deberse quizás al menor tamaño que presentaban los machos que fueron expuestos a la menor concentración versus el tamaño de los machos expuestos a 0,5 % p/p.

Resultado similares de mortalidad total observaron RODRIGUEZ y LÓPEZ (2001), al evaluar el polvo de raíz de chilca (*Senecio salignus* DC), arbusto utilizado en Chiapas, México para el control de plagas que atacan a granos almacenados, en concentraciones de 0,1, 0,5 y 1% p/p contra *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), donde encontraron que concentraciones de 0,5% p/p provocan un 100% de la mortalidad de adultos al cuarto día después de impregnar con polvos los porotos.

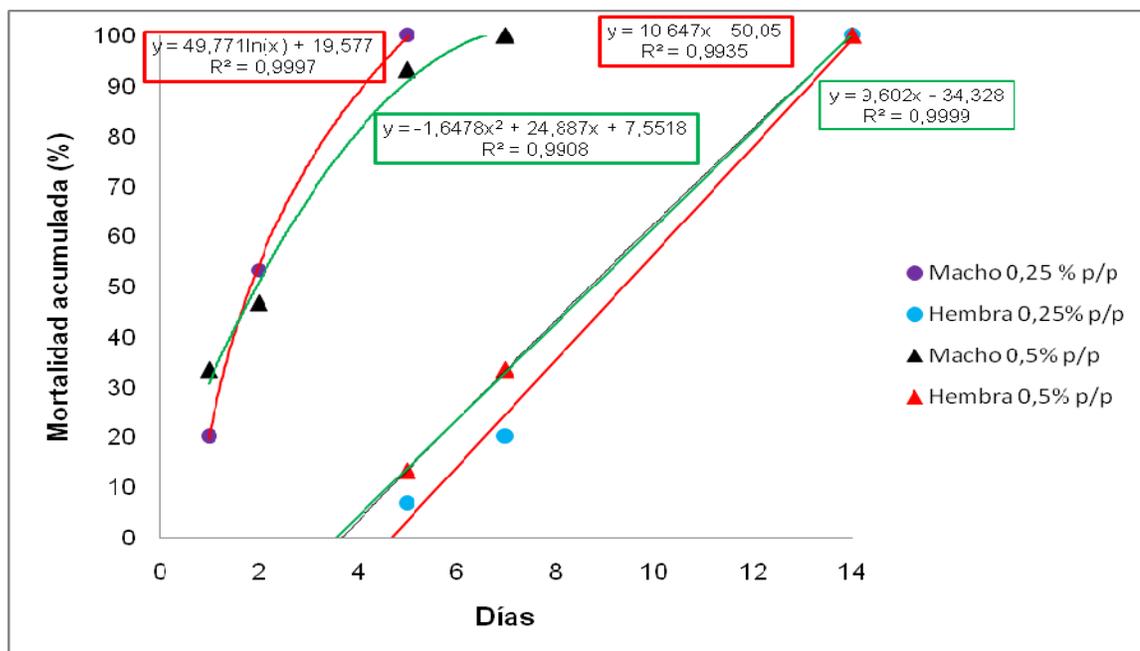


Figura 2 Mortalidad acumulada ligada al sexo, en el transcurso del tiempo para una misma concentración, sometida a los tratamientos 0,25 y 0,5% p/p de polvos de hojas de canelo.

GÓMEZ *et al.* (2009), al desarrollar un estudio con *S. zeamais* sometidos a polvos de hojas de chan (*Hyptis suaveolens* L.) en concentraciones de 0; 5; 10; 15; 20 y 25 gramos por 100 de maíz, observó al décimo día de evaluación la mayor mortalidad para los tratamientos sometidos a concentraciones menores o igual del 20% p/p, mientras que en tratamientos sometidos a concentraciones de 25% p/p la mortalidad fue mayor al quinto día. Sin embargo, para los machos adultos de *A. obtectus* se produjo la mayor mortalidad al quinto día, con las concentraciones más bajas de polvo foliar (0,25%). Este resultado podría deberse al mayor poder insecticida ejercido por el/los compuesto(s) presente(s) en el canelo comparado con los presentes en las hojas de chan, mientras que para el caso de las hembras adultas de *A. obtectus* sometidas tanto a bajas como a altas concentraciones presentaron su mayor mortalidad acumulada al día 14 (Figura 1).

Igualmente resultados de PROCÓPIO *et al.* (2003), concuerdan con los obtenidos en este ensayo, al encontrar el 100% de mortalidad de *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* (ambos coleópteros de la familia Bruchidae) al quinto día de evaluación, al ser sometidos a concentraciones de 3% p/p de polvos de hojas, flores y frutos mezclados

de *Chenopodium ambrosioides* L. Asimismo, observaron que concentraciones más bajas de *C. ambrosioides* (0,6% p/p) provocaban un 95% de mortalidad acumulada también al quinto día de evaluación, coincidiendo con los datos presentados en esta tesis (94,67% de mortalidad acumulada de adultos de *A. obtectus* al quinto día, Figura 1).

Las hembras de los tratamientos a 0,25 y 0,5% p/p, presentaron una respuesta del tipo lineal positiva (Figura 2), donde el aumento de la mortalidad se ve reflejada en el mayor periodo de tiempo que pasan expuestos los insectos a los polvos de hojas de canelo. En la Figura 2, se puede observar que en ambos tratamientos (0,25 y 0,5% p/p) hubo un período durante el cual no hubo mortalidad de las hembras ante la exposición a los polvos, siendo el día 5, cuando se comienzan a observar los primeros individuos muertos. En la misma Figura se observa que la mayor tasa de mortalidad acumulada la presentan las hembras expuesta a una mayor concentración. Sin embargo para el último día de evaluación ambas llegan al 100% de mortalidad. Si bien es cierto, que para ambas concentraciones la máxima mortalidad alcanzada fue en el mismo día, quizás para el tratamiento sometido a un 0,5% p/p de polvo de hojas de canelo se completo días antes, lo cual no se pudo observar por los periodos de evaluación establecidos.

La mortalidad más tardía en el caso de las hembras y por un tiempo más prolongado, respecto a los machos (Figuras 1 y 2), podría deberse a su mayor tamaño respecto a los machos (Vélez 1997, citado por VALENCIA, 2006). El tamaño corporal incidiría en la resistencia al efecto insecticida de los polvos de hoja de canelo, por la mayor cantidad de grasa presente en las hembras lo que retrasaría o dificultaría la absorción de ciertos compuestos (JULIANO, 1992).

Los resultados de mortalidad ligada al sexo encontrados en esta tesis concuerdan con los resultados de PEREZ y PASCUAL-VILLALOBOS (1999), quienes al evaluar el efecto del vapor del aceite esencial de *Chrysanthemum coronarium* L. sobre *A. obtectus*, encontraron diferencias en la toxicidad de este aceite entre sexos. En este estudio la menor mortalidad fue encontrada en las hembras. Esto puede deberse, como lo han informado científicos, al traspaso de compuestos químicos que van junto con la esperma en el momento de apareo de adultos de *A. obtectus*, compuesto que pueden disminuir el proceso de envejecimiento de la hembra, por ende provocar una

menor tasa de mortalidad, con el fin de que haya una alta producción de descendencia (MAKLAKOV *et al.*, 2005). Este punto es importante a tomar en cuenta considerando que ambos sexos de esta especie se mantuvieron juntos durante el periodo de evaluación y probablemente se aparearon.

Si bien la mortalidad de las hembras es más lenta, en ambos casos (0,25 y 0,5% p/p) existe una relación positiva entre las variables mortalidad y tiempo, lo que concuerda con estudios realizados por JOVANOVIĆ *et al.* (2007), quienes al evaluar el extracto de hoja de diente de león (*Taraxacum officinali* Weber) y ortiga (*Urtica dioica* L.) en etanol, sobre *A. obtectus*, concluyeron que a medida que aumenta el tiempo de exposición la actividad de los extractos también aumenta. CERNA *et al.* (2010), concuerdan con lo antes señalado añadiendo que también existe una interacción positiva entre la mortalidad y el incremento de las dosis empleadas.

4.2 Efecto del polvo de hojas de canelo sobre la emergencia de adultos de *A.obtectus*.

Sólo se observó emergencia de adultos (F1) en aquellos tratamientos sometidos a las dos concentraciones más bajas de polvos de hojas de canelo, siendo en ambos casos inferiores a las del control (Figura 3). De acuerdo a RODRÍGUEZ y LÓPEZ (2001), se recomienda utilizar dosis que reduzcan el 100% de la emergencia, debido a que, aunque exista un número mínimo de adultos emergidos, éstos podrían continuar la infestación, pudiendo llegar a causar graves daños al aumentar el período de almacenamiento de los granos. En este sentido concentraciones sobre 1% evaluadas en esta tesis controlarían el 100% de los individuos emergidos.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos en nuestro ensayo concuerdan con CRUZAT *et al.* (2009), quienes al evaluar polvos de follaje de boldo (*Peumus boldus* Molina) contra *S. zeamais*, encontraron emergencia de adultos en concentraciones de 0,5% p/p el cual no superó el 30%. En este ensayo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sometidos a concentraciones de 0,5 a 4% p/p (Figura 3).

La mayoría de las investigaciones que se han llevado a cabo para estudiar el efecto insecticida y/o insectistático sobre plagas que afectan a granos almacenados, señalan que plantas que cumplen con esta característica y que se aplican en dosis de 1% p/p

causan un 100% de mortalidad, lo que reduce a su vez a un 100% la emergencia y por ende provoca una reducción en el daño de los granos. Ejemplo de esto, son los estudios llevados por CUEVAS (s.f.), en el cual se evaluó la emergencia de insectos como *S. zeamais* con polvos de raíz de valeriana (*Valeriana officinalis* L.), polvos de raíz, tallo, hojas, semillas y frutos de chicalote (*Argemone* sp.) y polvo de hojas de ruda (*Ruta graveolens* L.) y la emergencia de los brucos *Z. subfasciatus* y *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) ambos con polvos de raíz, tallo, hojas, semillas y frutos de chicalote (*Argemone* sp.). En el estudio de CUEVAS (s.f.) todos los polvos fueron aplicados en concentraciones de un 1% p/p observándose una reducción de un 100% de emergencia de insectos adultos comparado con el testigo. Esto coincide con lo obtenido en este ensayo. Si bien el tratamiento sometido a un 0,5% p/p de polvo de hojas de canelo no fue diferente de los tratamientos sometidos a las concentraciones más altas, se encontró emergencia de adultos.

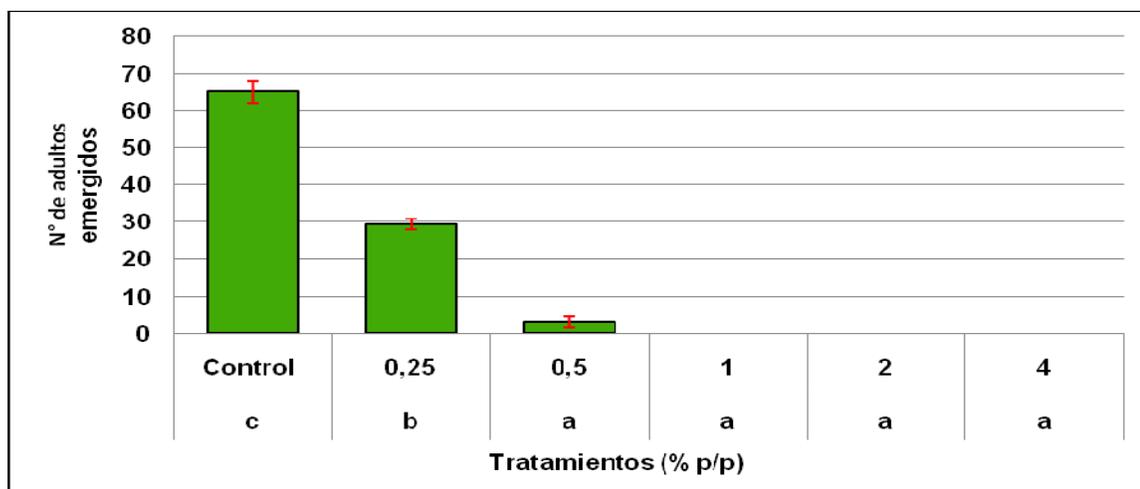


FIGURA 3 Emergencia de adultos de *A. obtectus* en granos tratados con las distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo, al finalizar el ensayo.

Tratamientos con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($P < 0,05$).

Barras representan desviación estándar.

La disminución de la emergencia estaría asociada a una mortalidad de los huevos y larvas, aunque también existe la posibilidad de que los compuestos presentes en las plantas afecten al comportamiento y fisiología de los insectos afectando la puesta de

los huevos por parte de las hembras y por ende la emergencia, entre otras evidencias de toxicidad (RODRIGUEZ y LOPEZ, 2001; SHUKLA *et al.*, 2007). Otro motivo por el cual disminuye la emergencia, puede deberse a que el grano al encontrarse cubierto por polvo sumado al intenso olor, produzca que la hembra no reciba el estímulo necesario para oviponer (CRUZAT *et al.*, 2009).

Otros autores consideran que los polvos (ya sean inertes o vegetales) actúan como una barrera física, la cual puede prevenir la eclosión de las larvas y por ende prevenir que éstas penetren los granos (Wolfson *et al.*, 1991; citado por KOONA *et al.*, 2007). Así mismo hacen referencia a la aplicación de polvos inertes como cenizas de madera a una desecación tanto para los granos como para los adultos y huevos de *A. obtectus*

4.3 Daño por *A. obtectus* en granos de porotos sometidos a distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo

Como era esperable, el mayor porcentaje de granos dañados fue obtenido en el control (sin polvos); mientras que en todos los tratamientos con polvos de hojas de canelo, se observó una menor cantidad de granos dañados llegando a ser nula en los tratamientos sometidos a concentraciones más altas (Figura 4). Esto podría estar asociado a la reducción de la emergencia de adultos, la que indujo una reducción del típico agujero en los granos. Por lo tanto todos los tratamientos fueron efectivos ya que presentaron un porcentaje de daño inferior al testigo.

La ausencia de daño en los granos tratados con concentraciones superiores o iguales a 1% p/p concuerdan con estudios de varios autores donde no se presentaron daños en los granos producto de la reducción de la emergencia en un 100% (ASLAM *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2003; ANDRADE, 2007; NAVA *et al.*, 2010; CUEVAS s.f).

KOONA *et al.* (2007), al estudiar el efecto producido por el polvo de corteza de *Scorodophloeus zenkeri* Harms, árbol tropical de África Central, contra *A. obtectus*, observó un bajo nivel de daño en los granos, lo que asoció a la presencia de compuestos químicos presentes en el árbol, los cuales actuarían sobre la alimentación de los insectos y no en la inhibición de la emergencia, como en los resultados de esta tesis.

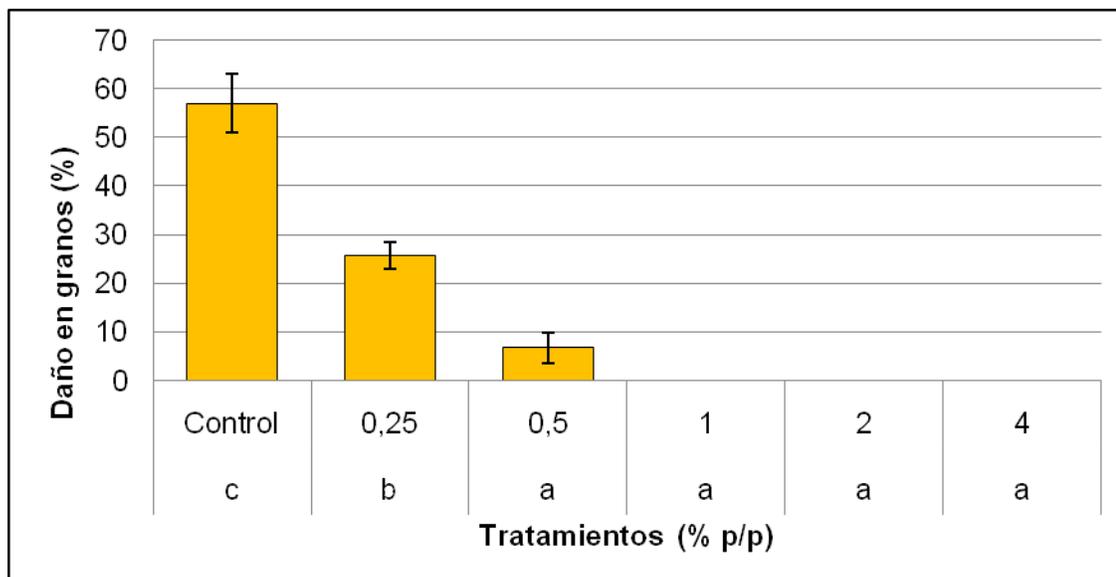


FIGURA 4 Porcentaje de granos de porotos dañados por *A. obtectus*, almacenados con distintos porcentajes de polvo de hoja de canelo, al finalizar el ensayo.

* Tratamientos con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($P < 0,05$).

4.4 Pérdida de peso en granos de porotos sometidos a distintas concentraciones de polvo de hojas de canelo.

Todos los tratamientos, presentaron una pérdida de peso similar al testigo, excepto el correspondiente a la concentración de 0,5% p/p, lo cual se pudo deber a un error experimental en las repeticiones de los distintos tratamientos, originando una amplia variabilidad en los datos obtenidos, lo cual se ve reflejado en las barras de desviación estándar (Figura 5). SALVADORES *et al.* (2007), utilizando polvos vegetales como ají de color, ají cacho de cabra, canela, comino, nuez moscada, orégano, anís, pimienta negra y clavo de olor contra *S. zeamais* en granos de trigo a concentraciones de 0,5; 1, 2 y 4% p/p concluyó que no existieron diferencias significativas en el peso de los granos para ninguno de los polvos vegetales sometidos a las distintas concentraciones con respecto al testigo. Resultados similares observó ASLAM *et al.* (2002), quien asocia la baja pérdida de peso de los garbanzos tratados con clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) y pimienta negra (*Piper nigrum* L.) contra *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae) a una mortalidad temprana de los insectos con una menor oviposición por grano en su caso.

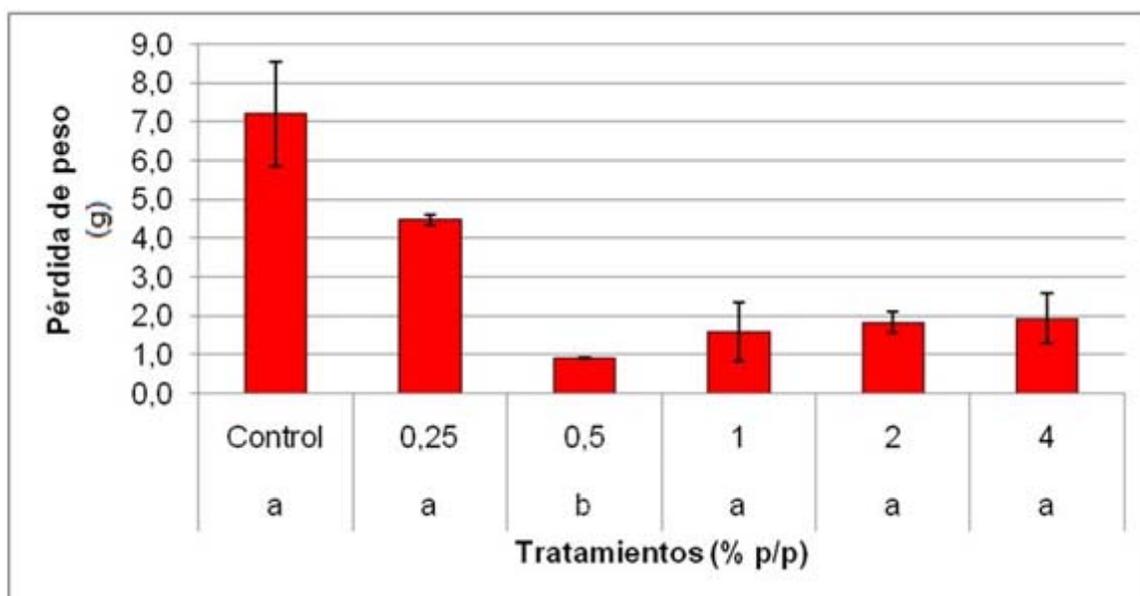


FIGURA 5 Pérdida de peso de los granos de porotos sometidos a distintas concentraciones de polvo de hoja de canelo, al finalizar el ensayo.

* Tratamientos con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($P < 0,05$).

CRUZAT *et al.* (2009), informaron de diferencias en el peso de granos de distintos cultivares de trigo sometidos a concentraciones de 0,5; 1 y 2% p/p de polvos de hoja de boldo, donde el 0,5% de polvo de hoja de boldo fue diferente de los tratamientos sometidos a concentraciones de 1 y 2% p/p. Esto se debió a que el boldo en concentraciones de 0,5% no causó el 100% de la mortalidad que producen las concentraciones mayores de polvos, por lo tanto, se deduce que una mayor mortalidad del insecto provoca una menor emergencia (F1) y por ende una menor pérdida de peso del grano.

Otra razón por la cual la pérdida de peso de los granos disminuye al ser expuestos a polvos de algunas especies vegetales, es por la producción de metabolitos secundarios, que para el caso del canelo, se atribuye principalmente al contenido de poligodial, el cual afecta a nivel del sistema nervioso alterando la alimentación provocando un efecto inhibitorio, el cual puede manifestarse de forma temporal o permanente de acuerdo a la cantidad presente (ANDRADE, 2007).

4.5 Germinación de las semillas de porotos sometidas a los distintos tratamientos.

Las semillas dañadas de los distintos tratamientos con polvos de canelo presentaron una germinación mayor que el control no tratado, siendo ésta similar a la que se presentó en las semillas sanas (no expuestas a brucos ni a polvos de hojas de canelo) ($p > 0,05$) (Figura 6). Esto podría deberse a la presencia de compuestos antialimentarios presentes en el canelo como poligodial, los cuales provocan una disminución de la alimentación de las larvas (Messchendorp *et al.*, 2000 citado por ZAPATA, *et al.*, 2009), por lo que al ingresar éstas a las semillas no logran consumirlas en su totalidad, no llegando al embrión, y por lo tanto no afectando a la germinación.

Esto concuerda con los datos obtenidos por SATHYASEELAN *et al.* (2008), quienes también encontraron diferencias de germinación de semillas de frejol respecto al control al usar extractos de *Prosopis juliflora* (Sw) DC., *Nerium oleander* L., *Ocimum sanctum* L., *Acalypha indica* L., *Catheranthus roseus* L. y *Vitex negundo* L. contra *C. chinensis*, producto de la protección de polvo foliar contra el ataque del insecto.

Para evaluar este parámetro se escogieron aquellas semillas que presentaron daños. Al comparar la germinación de las semillas, no se encontraron diferencias entre los tratamientos sometidos a las distintas concentraciones, ni tampoco entre las distintas concentraciones y las semillas completamente sanas. El único tratamiento que produjo diferencias en la germinación de las semillas fue el control, el cual no estuvo expuesto a ninguna concentración de polvo de hojas de canelo, pero sí a los brucos (Figura 6).

Los resultados de la tesis demostraron además que el polvo de hoja de canelo no produce efectos adversos sobre la germinación, y que altas concentraciones de polvo (ej.: 4%) no afectaron esta variable. Observaciones similares reportó SALVADORES *et al.* (2007), quienes evaluaron germinación de semillas de trigos tratadas con polvos de especias aromáticas tales como *Cinnamomum zeylanicum* J.Presl., *Cuminum cyminum* L., *Myristica fragans* Houtt y *Origanum vulgare* L. al 4% (p/p) y *Piper nigrum* L. al 1; 2 y 4% (p/p), constatando que la aplicación de estos polvos no afectó el poder germinativo de las semillas ya que no se registraron diferencia estadística entre los tratamientos evaluados y el testigo.

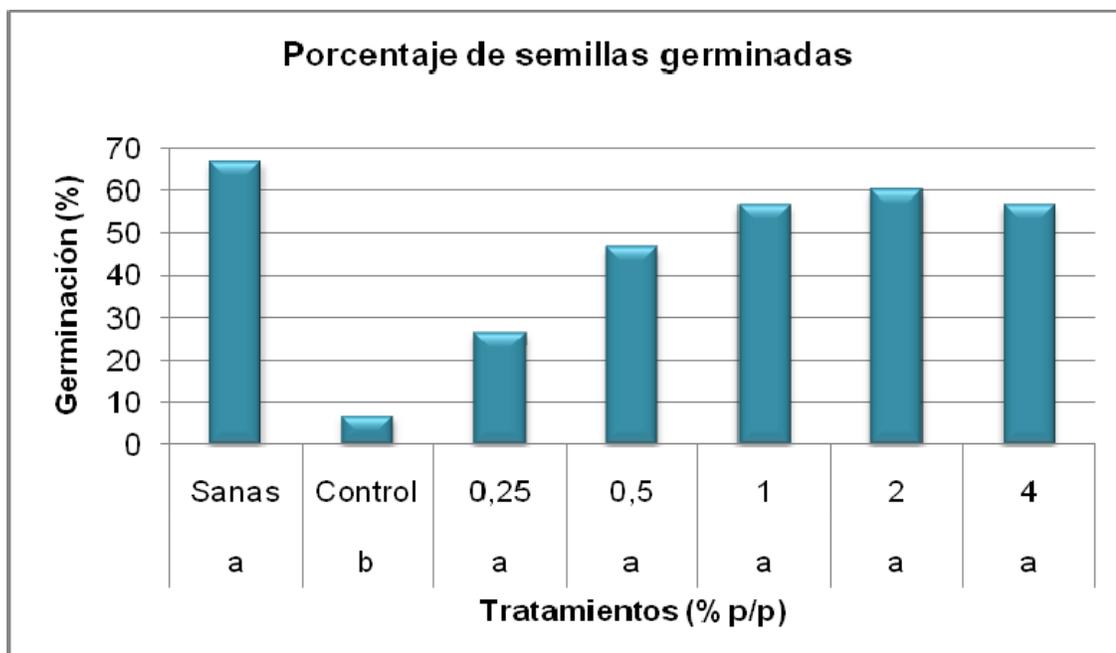


FIGURA 6 Germinación de las semillas de porotos sometidas a las distintas concentraciones de polvos de hojas de canelo.

*Tratamientos con letras distintas indican diferencias significativas según Prueba de G ($P < 0,05$).

Del mismo modo los datos obtenidos en este ensayo coinciden con los resultados de SIGHAMONY *et al.* (1986), quienes obtuvieron un 100% de germinación en granos de trigo tratados con extractos de *P. nigrum* usados para el control de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) y *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), concluyendo que el extracto de esta planta no afectaba la viabilidad de las semillas. Por otra parte AHMED y AHAMAD (1992), al probar la eficacia de varias plantas con propiedades medicinales y de uso culinario contra *C. chinensis*, concluyeron que las especies vegetales, aparte de no afectar la germinación, no presentan toxicidad para mamíferos y, por lo tanto, pueden ser incorporadas en forma segura para la protección prolongada contra insectos de granos almacenados en concentraciones de hasta 3%.

5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que el polvo de hojas de canelo tendría un efecto insecticida e insectistático sobre *A. obtectus*, el cual es más marcado a medida que las concentraciones utilizadas aumentan, por lo que se aprueba la hipótesis planteada.

Los polvos de hoja de canelo, provocaron mortalidad de adultos de *A. obtectus* al término del periodo de evaluación. Sin embargo no se evidenciaron diferencias entre las distintas concentraciones evaluadas, pero sí en la rapidez de la acción.

Sólo se observó diferencia de mortalidad entre sexos para una misma concentración a través del tiempo, donde las hembras murieron más lento que los machos, en las concentraciones más bajas. La mayor mortalidad acumulada para los machos se alcanzo el día 7 mientras que para las hembras fue el día 14, alcanzando ambos el 100% de mortalidad al día.

La emergencia de adultos de *A. obtectus* se redujo en todos los tratamientos sometidos a polvo de hoja de canelo, e incluso en la concentración más baja ésta se redujo en más de un 50% con respecto al testigo.

El peso de los granos no se vio afectado en ninguno de los tratamientos con polvo de canelo, lo que sugiere que los polvos de hoja de canelo poseen un efecto anti alimentario que permite disminuir la alimentación de las larvas y por ende evitar pérdidas de peso en los granos.

La aplicación de las distintas concentraciones de polvos de hoja de canelo a semillas de poroto, tuvo un efecto protector sobre éstas, permitiéndoles una germinación superior a la del testigo no tratado. Los tratamientos con polvo de hoja de canelo no tuvieron ningún efecto inhibitorio de la germinación, siendo ésta similar a la de semillas sanas no tratadas.

Los resultados de la presente tesis demuestran que concentraciones de polvo de canelo a partir de 1%, son efectivas en el control de *A. obtectus* en granos

almacenados por producir un 100% de la mortalidad de los insectos, inhibiendo de esta forma la emergencia de los adultos y evitando el daño sobre los granos y su germinación.

6 BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* (EE.UU.) 18: 275-277.
- AHMED, S y AHAMAD, A. 1992. Efficacy of some indigenous plants as pulse protectants against *Callosobruchus chinensis* L. infestation. *International Pest Control*. 34:54 -56.
- ANDRADE, Y. 2007. Toxicidad de polvos de canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky bajo condiciones de laboratorio. Tesis. Ing. Agr. Chillán. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 25 p. (On line) <http://www.bibliodigital.udec.cl/sdx/UDEC3/tesis/2007/andrade_y/doc/andrade_y.pdf>. (4 abr. 2010).
- ARTIGAS, J. 1994. Entomología económica: insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos. Universidad de Concepción. v2. 993p.
- ASLAM, M.; KHAN, K. y BAJWA, M. 2002. Potency of some spices against *Callosobruchus chilensis* Linnaeus. *Journal of Biological Sciences* (On line) 2(7): 449-452. < <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2002/449-452.pdf> >. (12 mar. 2011).
- ÁVALOS, A. y URRÍA, E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. Universidad Complutense. Facultad de biología. Madrid. (On line) 2(3): 119-145 < http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf >. (8 abr. 2011).
- CAPDEVILLE, C. 1945. Plagas de la agricultura en Chile. 358p.
- CERNA, E; LANDEROS, J; GUEVARA, L; OCHOA, Y; BADI, M y OLALDE, V. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* (México). (On line). < http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3513/t42-1-09-choa-fuentes.pdf > (19 febr. 2011).
- CRUZAT, M.; SILVA, G.; SERRI, H. y HEPP, R. 2009. Protección de ocho cultivares

- de trigo con polvo de *Peumus boldus* Molina contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky. IDESIA (Chile) (27)2:39-46. (On line). < http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292009000200005&script=sci_arttext>. (24 Sept. 2010).
- CUEVAS, M. s.f. Manejo de productos naturales para el control de insectos en almacén. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. (On line). < http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/MR/EO/MRO-06.pdf>. (25 Oct. 2010).
- DELL'ORTO, H. y ARIAS, C. 1985. Insectos que dañan granos productos almacenados. (On line) < <http://www.fao.org/docrep/x5053s/x5053s00.HTM>>. (14 Jun. 2010).
- DURAN, L. 1952. Los insectos perjudiciales a los productos almacenados y los procedimientos para combatirlos. Santiago. 185p.
- FAIGUENBAUM, H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago. 760p.
- FERNANDEZ, M.; RANGEL, J.; JUAREZ, J.; BUJANOS, F.; MONTES, S., y MENSOSA, M. 2009. Oleorresina de jícama para controlar *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleóptera: Bruchidae) en semilla de frejol. Agronomía Mesoamericana (Online) 20(1):59-69. <http://www.mag.go.cr/rev_meso/v20n01_059.pdf> (3 jun. 2010).
- GÓMEZ, M.; LACAYO, J. y ROSALES, M. 2009. Hojas de chan (*Hyptis suaveolens*) para el control de *Sitophilus zeamais* y *Zabrotes subfasciatus*. Agronomía Mesoamericana (On line) 20(2):263-273. < http://www.mag.go.cr/rev_meso/v20n2_263.pdf> (12 mar. 2011).
- ISTA 1996. International Rules for Seed Testing, Rules 1996. International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland. Seed Science and Technology 24 (supplement).
- JOVANOVIĆ, Z; MIROSLAV, K., y POPOVIĆ, Z. 2007. Grain-protective properties of herbal extracts against the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* Say. Industrial Crops and Products. Elsevier. (On line) 26: 100–104. < www.elsevier.com/locate/indcrop> (15 nov. 2010).
- JULIANO, S. 1992. Quantitative analysis of sexual dimorphism and sex ratio in *Hyphidrus ovatus* (Coleoptera: Dytiscidae). Ecography, (On line) 15(3):308-313.

- <<http://www.bio.ilstu.edu/juliano/pdf%20pubs/juliano%2092%20ecography.pdf>>. (28 may. 2011).
- KOONA, P; GHOGOMU, R; KOONA, O; NGANDO; G., y NOUTSA; J. 2007. The use of powder from the stem bark of *Scorodophloeus zenkeri* Harms for the prevention of damage to stored beans by *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Applied Sciences Research* (On line) 3(5): 329-332. < <http://www.aensionline.com/jasr/jasr/2007/329-332.pdf> > (11 mar. 2011).
- MAKLAKOV, A.; KREMER, N. y ARNQVIST, G. 2005. Ageing and the evolution of female resistance to remating in seed beetles. *Biology letter* (On line) 2: 62–64. < <http://www.bees.unsw.edu.au/school/researchstaff/maklakov/biollett.pdf>>. (27 abr. 2011).
- MUÑOZ, D.; VOGEL, H. y RAZMILIC, I. 2004. Variación de compuestos químicos en hojas de poblaciones de *Drimys* spp. (Magnoliophyta: Winteraceae) en Chile. *Revista chilena de Historia Natural* (On line) 77(1): 43-50. <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2004000100005&script=sci_Arttext>. (14 Ago. 2010).
- NAVA, E.; GASTÉLUM, P.; CAMACHO, J.; VALDEZ, V.; BERNAL, C., y HERRERA, R. 2010. Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable* (On line) 6(1):37-43. < <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/461/46112896005.pdf> >.
- OLALQUIAGA G. 1943. Labor de la campaña contra el bruco del frejol. *Agricultura Técnica* (Chile) 3 (1): 61-64.
- PAUL, U.; LOSSINI, J.; EDWARDS, P. y HILBECK, A. 2009. Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (both Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *Journal of Stored Products Research* 45(2): 97-107.
- PEREZ, M y PASCUAL-VILLALOBOS, M. 1999. Efecto del aceite esencial de inflorescencias de *Chrysanthemum coronarium* L. en mosca blanca y plagas de almacén. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*. 14 (1-2). (On line). <

- http://www.inia.es/gcontrec/pub/21.PEREZ_1048157120406.pdf>. (13 Nov. 2010).
- PINTO, A.; SIQUEIRA, D.; SILVA, V.; PEPORINE, N. y ALMEIDA, R. 2002. Produtos naturais: atualidades, desafios e perspectivas. *Química Nova* (On line) 25(1): 45-61.<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2002/vol25_esp1/08.pdf> (19 Abr. 2010).
- PORCA, M.; OLTEAN, I. y DOBRIN, I. 2003. Chemical control of bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say in storage condition. *Journal Central European Agriculture*. (On line) 4(3):210-216. <<http://www.agr.hr/jcea/issues/jcea4-3/pdf/jcea43-2.pdf>>. (10 jun. 2010).
- PROCÓPIO, S., J. VENDRAMIN, J. RIBEIRO y J. BARBOSA. 2003. Efeito de pós vegetais sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) e *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (Coleoptera: Bruchidae). *Revista Ceres* 50 (289): 395-405. (On line) <http://www.ciencialivre.pro.br/media/2b552ec17dda16cfff828cfff524.pdf>. (16 Sept. 2010).
- RABOUT, G., NARVÁEZ, M. Y SIEBER, J. 1984. Métodos de evaluación de pérdidas post- producción de granos básicos (maíz, frijol, maicillo) a nivel de pequeños y medianos productores, en Honduras (América Central). COSUDE. Secretaría de Recursos Naturales. Honduras.
- RAMIREZ, P. y ALVAREZ, R. 2003. Diversidad biológica del área costera protegida punta Curiñanco. Comité nacional pro defensa de la fauna y flora. Programa biodiversidad. CODEF. Valdivia. 62p.
- RODRÍGUEZ, C y LÓPEZ, E. 2001. Actividad insecticida e insectist.tica de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. Manejo integrado de plagas. Costa Rica. (On line) 59 p. 1 9 - 2 6. <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1742E/A1742E.PDF>>. (25 Oct. 2010).
- RODRIGUEZ, F., y RIPA, R. s.f. Control biológico. Insectos que atacan granos almacenados. INIA La Cruz. (On line) <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR22383.pdf>>. (7 de may. 2010).
- ROJAS, D., GERDING, M. y CÉSPEDES, M. 1996. Caracterización de huevos parasitados por *Uscana senex* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Agricultura Técnica* (On line) 56(3): 211 - 213. <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR21305.pdf>>. (15 jun. 2010).

- SALVADORES, Y.; SILVA, G.; TAPIA, M., Y HEPP, R. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, en trigo almacenado. Agricultura Técnica (67):2 147-154. (On line) < <http://www.bioline.org.br/request?at07017>>. (16 Jul. 2010).
- SATHYASEELAN, V.; BASKARAN, V.; y MOHAN, S. 2008. Efficacy of Some Indigenous Pesticidal Plants Against Pulse Beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) On Green Gram. Journal of Entomology 5 (2): 128-132. (On line). < <http://scialert.net/qredirect.php?doi=je.2008.128.132&linkid=pdf>>. (14 Ago. 2010).
- SARDANS, J.; LLUSIÀ, J.; NIINEMETS, Ü.; OWEN, S.; CARNICER, J.; REZENDE, E. y PEÑUELAS, J. 2010. El rol de los terpenos en la competencia entre plantas invasoras y nativas en Hawai. (On line) < <http://www.creaf.uab.es/ecophysiology/pdfs%20grup/pdfs/2010%20UABdiv2cast.pdf>>. (11 nov. 2010).
- SCHMALE, I.; WÄCKERS, F.; CARSONA, C. y DORN, S. 2002. Field infestation of *Phaseolus vulgaris* by *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), parasitoid abundance, and consequences for storage pest control. Environmental entomology (On line) 31(5):859-863. < <http://www.ingentaconnect.com/content/esa/envent/2002/00000031/00000005/art00014>>. (15 jul. 2010).
- SHUKLA, R., SRIVASTAVA, B., KUMAR, R y DUBEY N. 2007. Potential of some botanical powders in reducing infestation of chickpea by *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera:Bruchidae). Journal of Agricultural Technology (On line). 3(1): 11-19. < http://www.ijat-rmutto.com/pdf/JUN_V3_07/2-IJAT2007_08-R.pdf>. (24 Oct. 2010).
- SILVA, G.; ORREGO, O.; HEPP, R. y TAPIA, M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, Chillán, Chile. Universidad de Concepción. (On line) 40(1):11-17. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n1/23236.Pdf>>. (21 Ago. 2010).
- SIGHAMONY, S.; ANEES, I.; CHANGRAKALA, T. y OSMANI, Z. 1986. Efficacy of certain indigenous plant products as grain protectants against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). Journal. Stored Product Research. 22(1):21-23.

- SING, S., y ARBOGAST, R. 2008. Optimal *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) density and time of introduction for suppression of bruchid progeny in stored legumes. *Environmental Entomology* (On line) 37(1): 131-142. <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/15261/1/IND44038199.pdf>. (14 abr. 2010).
- VALENCIA, S. 2006. Efectos subletales de resistencia antibiotica a inmaduros en la demografía de adultos de los gorgojos de frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae). Universidad Nacional de Colombia (On line) < http://webapp.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/tesis_sandra_valencia.pdf > (15 abr. 2011).
- ZAPATA, N.; BUDIA, F.; VIÑUELA, E. y MEDINA, P. 2009. Antifeeding and growth inhibitory effects of extracts and drimanes of *Drimys winteri* stem bark against *Spodoptera littoralis* (Lep. Noctuidae). *Industrial Crops and Products*. Elsevier. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. (Madrid.) 30: 119-125. (On line) < www.elsevier.com/locate/indcrop >. (15 Nov. 2010).